

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-67393

(43)公開日 平成7年(1995)3月10日

(51)IntCl. <sup>6</sup>	識別記号	弁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 P 9/00	B	9178-5H		
	C	9178-5H		
F 0 3 B 15/04	Z	7504-3H		
H 0 2 P 9/30	L	9178-5H		

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全7頁)

(21)出願番号 特願平5-209452

(22)出願日 平成5年(1993)8月24日

(71)出願人 000003687

東京電力株式会社

東京都千代田区内幸町1丁目1番3号

(71)出願人 000217686

電源開発株式会社

東京都中央区銀座6丁目15番1号

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 佐々 千景

東京都千代田区内幸町一丁目1番3号 東

京電力株式会社内

(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

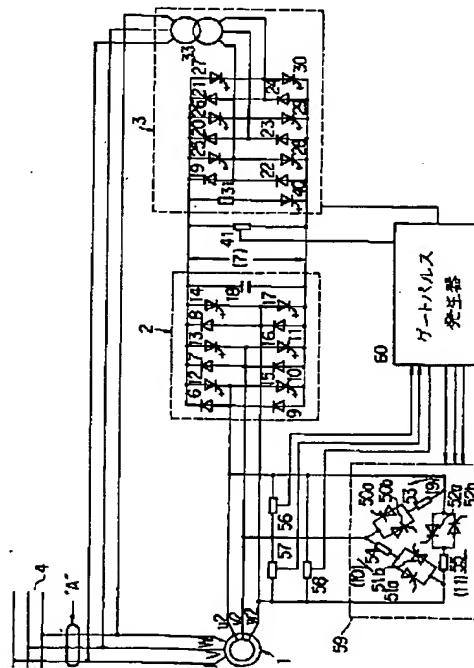
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 可変速揚水発電システムの過電圧保護装置

(57)【要約】

【目的】 短絡故障発生後生じる過電圧の保護が可能で、かつ速やかに通常運転へ復帰できる小形で安価な可変速揚水発電システムの過電圧保護装置を得る。

【構成】 インバータ2に直流電圧を供給する直流電源3と、3からの直流電圧を平滑するコンデンサ18と、18に並列に接続され、スイッチング素子40と抵抗31の直列回路からなるチョッパ回路と、巻線形誘導機1の二次側回路に接続され、逆並列に接続したサイリスタ素子と抵抗53～55の直列回路をデルタ結線してなるサイリスタ短絡器59と、3と2のリンク回路の電圧を検出する電圧検出器41と1の二次側回路の三相線間電圧を検出する電圧検出器56～58と、電圧検出器41の信号により、チョッパ回路のスイッチング素子40をオン・オフし、また電圧検出器56～58の信号により、サイリスタ短絡器59のサイリスタ素子をオン・オフするゲートパルス発生器60を具備したもの。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 三相巻線形誘導機の二次電流をインバータで制御して可変速運転を行ない、電力系統と電力の授受を行なう可変速揚水発電システムにおいて、前記インバータに直流電圧を供給する直流電源と、この直流電源からの直流電圧を平滑するコンデンサと、このコンデンサに並列に接続され、スイッチング素子と抵抗の直列回路からなるチョッパ回路と、前記巻線形誘導機の二次側回路に接続され、逆並列に接続したサイリスタ素子と抵抗の直列回路をデルタ結線してなるサイリスタ短絡器と、前記直流電源と前記インバータのリンク回路の電圧を検出する第 1 の電圧検出器と、前記巻線形誘導機の二次側回路の三相線間電圧を検出する第 2 の電圧検出器と、前記第 1 の電圧検出器の信号により、前記チョッパ回路のスイッチング素子をオン・オフする手段と、前記第 2 の電圧検出器の信号により、前記サイリスタ短絡器のサイリスタ素子をオン・オフする手段と、を具備したことを特徴とする可変速揚水発電システムの過電圧保護装置。

【請求項 2】 三相巻線形誘導機の二次電流をインバータで制御して可変速運転を行ない、電力系統と電力の授受を行なう可変速揚水発電システムにおいて、前記インバータに直流電圧を供給する直流電源と、この直流電源からの直流電圧を平滑するコンデンサと、前記巻線形誘導機の二次側回路に接続され、逆並列に接続したサイリスタ素子と抵抗の直列回路をデルタ結線してなるサイリスタ短絡器と、前記直流電源と前記インバータのリンク回路の電圧が過電圧となったとき動作する避雷器と、前記巻線形誘導機の二次側回路の三相線間電圧を検出する第 2 の電圧検出器と、前記第 2 の電圧検出器の信号により、前記サイリスタ短絡器のサイリスタ素子をオン・オフする手段と、を具備したことを特徴とする可変速揚水発電システムの過電圧保護装置。

【請求項 3】 三相巻線形誘導機の二次電流をインバータで制御して可変速運転を行ない、電力系統と電力の授受を行なう可変速揚水発電システムにおいて、前記巻線形誘導機の一次側で短絡故障が発生した時に、この発生過電圧を抑制するためのものであって、前記巻線形誘導機の二次側回路に接続され、逆並列に接続したサイリスタ素子と抵抗の直列回路をデルタ結線してなるサイリスタ短絡器を具備したことを特徴とする可変速揚水発電システムの過電圧保護装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、三相巻線形誘導機の二次電流をインバータで制御して可変速運転を行ない、電

2

力系統と電力の授受を行なう可変速揚水発電システムにおいて、三相巻線形誘導機の一次側で短絡故障が発生した時に、発生過電圧を抑制する過電圧保護装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 図 4 は、従来の実施例の構成図である。図において、1 は巻線形誘導機、2 は巻線形誘導機 1 の二次電流を制御するインバータ、3 はインバータ 2 に直流電圧を供給する直流電源、4 は電力系統である。インバータ 2 は、例えば、ブリッジ接続されたダイオード 6～11 および GTO（ゲートターンオフサイリスタ）12～17、ならびにコンデンサ 18 で構成されている。

【0003】 また、直流電源 3 は、例えば、ブリッジ構成されたダイオード 19～24 および GTO（ゲートターンオフサイリスタ）25～30 と、変圧器 33 で構成されている。

【0004】 直流電源 3 には、放電抵抗器 31、GTO 32 が含まれ、直流電圧が定格値を超えて所定値に達したとき、GTO 32 をオンして放電抵抗器 31 に電流を流し、直流電圧が過大にならないように保護する。

【0005】 図 5 は、図 4 の従来の実施例による運転波形図である。図において、(1) は巻線形誘導機 1 の U 相一次電流、(2) は V 相一次電流、(3) は W 相一次電流、(4) は巻線形誘導機 1 の u 2 相二次電流、(5) は v 2 相二次電流、(6) は w 2 相二次電流である。(7) はインバータ 2 の直流電圧である。(8) はインバータ 2 の直流電流で、図 4 に示すように、ダイオード 6～11 と GTO 12～17 で構成されるブリッジと、コンデンサ 18 の間の電流である。(9) は放電抵抗器 31 に流れる電流である。

【0006】 時刻  $t_1$  より以前は、巻線形誘導機 1 の一次側には、電力系統 4 の周波数の一次電流 (1) (2) (3) が流れ、一方、二次側には、インバータ 2 で制御されるすべり周波数の二次電流 (4) (5) (6) が流れる。

【0007】 時刻  $t_1$  において、図 4 に示す“A”点で三相短絡故障が発生すると、巻線形誘導機 1 の一次側には、短絡時の内部誘起電圧ベクトルの方向で決まる直流成分を含んだ、短絡電流 (1) (2) (3) が流れる。この電流は図に示すように直流成分を含み、巻線形誘導機 1 の一次回路の時定数で減衰する。一次電流 (1) (2) (3) の直流成分により、巻線形誘導機 1 の二次側には、回転子の回転速度に相当した周波数の誘起電圧が発生し、二次電流 (4) (5) (6) が流れる。短絡故障の発生を検知して、インバータ 2 と GTO 12～17 をオフするものとすれば、二次電流 (4) (5) (6) は、ダイオード 6～11 で整流され、(8) に示す波形の電流が直流回路に流れ込む。この電流によりコンデンサ 18 が充電され、直流電圧 (7) が上昇する。時刻  $t_2$  において、直流電圧が予め

3

設定した保護レベルに達したとき、GTO32をオンして放電電流(9)を流し、直流電圧(7)の上昇を抑制する。そして、時刻 $t_3$ において、直流電圧(7)が予め設定したレベルまで低下したとき、GTO32をオフする。以上の動作により過電圧エネルギーをチョッパ回路で吸収し、過電圧を抑制し、通常運転へと復帰する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】以上述べた従来の構成では、短絡故障により発生する過電圧をチョッパ回路のみで抑制するため、チョッパ容量は全ての故障点における過電圧を抑制できる容量にする必要がある。このようにするとチョッパ容量は大容量となり、部品数が多くなることから信頼性が低下し、また、広い設置スペースを必要とする。さらに、高価な装置となるため著しく経済性を損なうことになる。

【0009】このような問題点を解決するための手段として、巻線形誘導機1の二次側回路に図6に示すように3個のサイリスタを $\Delta$ 結線した短絡器59Aを設け、チョッパ回路と過電圧抑制を分担する方法が考えられる。これにより、チョッパ回路の容量を小さくすることが可能となる。この方式は、過電圧発生の検知により、短絡器59Aのサイリスタをオンさせて、三相を一括短絡させ過電圧を抑制するものであるが、本方式ではサイリスタ短絡器59Aのサイリスタは、二次側の過渡直流成分のため、一旦オンさせるとオン状態が続く。このため、図6のサイリスタ短絡器を用いた場合においては、チョッパ回路とサイリスタ短絡器の動作により過電圧が抑制され、かつ故障が除去された後に、サイリスタ短絡器をオフさせるインバータの特殊な制御が必要となる。このため、通常運転への復帰に時間がかかる。

【0010】本発明は、以上述べた従来装置の欠点を除去するために、短絡故障発生後生じる過電圧の保護が可能で、かつ速やかに通常運転へ復帰できる小形で安価な可変速揚水発電システムの過電圧保護装置を提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1に対応する発明は、三相巻線形誘導機の二次電流をインバータで制御して可変速運転を行ない、電力系統と電力の授受を行なう可変速揚水発電システムにおいて、前記インバータに直流電圧を供給する直流電源と、この直流電源からの直流電圧を平滑するコンデンサと、このコンデンサに並列に接続され、スイッチング素子と抵抗の直列回路からなるチョッパ回路と、前記巻線形誘導機の二次側回路に接続され、逆並列に接続したサイリスタ素子と抵抗の直列回路をデルタ結線してなるサイリスタ短絡器と、前記直流電源と前記インバータのリンク回路の電圧を検出する第1の電圧検出器と、前記巻線形誘導機の二次側回路の三相線間電圧を検出する第2の電圧検出器と、前記第1の電圧検出器の信号により、

4

前記チョッパ回路のスイッチング素子をオン・オフする手段と、前記第2の電圧検出器の信号により、前記サイリスタ短絡器のサイリスタ素子をオン・オフする手段を具備した可変速揚水発電システムの過電圧保護装置である。

【0012】上記目的を達成するために、請求項2に対応する発明は、三相巻線形誘導機の二次電流をインバータで制御して可変速運転を行ない、電力系統と電力の授受を行なう可変速揚水発電システムにおいて、前記インバータに直流電圧を供給する直流電源と、この直流電源からの直流電圧を平滑するコンデンサと、前記巻線形誘導機の二次側回路に接続され、逆並列に接続したサイリスタ素子と抵抗の直列回路をデルタ結線してなるサイリスタ短絡器と、前記直流電源と前記インバータのリンク回路の電圧が過電圧となったとき動作する避雷器と、前記巻線形誘導機の二次側回路の三相線間電圧を検出する第2の電圧検出器と、前記第2の電圧検出器の信号により、前記サイリスタ短絡器のサイリスタ素子をオン・オフする手段を具備した可変速揚水発電システムの過電圧保護装置である。

【0013】上記目的を達成するために、請求項3に対応する発明は、三相巻線形誘導機の二次電流をインバータで制御して可変速運転を行ない、電力系統と電力の授受を行なう可変速揚水発電システムにおいて、前記巻線形誘導機の一次側で短絡故障が発生した時に、この発生過電圧を抑制するためのものであって、前記巻線形誘導機の二次側回路に接続され、逆並列に接続したサイリスタ素子と抵抗の直列回路をデルタ結線してなるサイリスタ短絡器を具備した可変速揚水発電システムの過電圧保護装置である。

【0014】

【作用】請求項1に対応する発明によれば、短絡故障時に発生する過電圧はチョッパ回路で抑制し、さらにチョッパ回路で抑制できない過電圧はサイリスタ短絡器のサイリスタを点弧させ二次回路を短絡し過電圧を抑制することにより、過電圧の保護をチョッパ回路とサイリスタ短絡器とで分担することができる。

【0015】また、請求項2に対応する発明によれば、短絡故障時に発生する過電圧は避雷器で抑制し、さらに避雷器で抑制できない過電圧はサイリスタ短絡器のサイリスタを点弧させ二次回路を短絡し過電圧を抑制することにより、過電圧の保護を避雷器とサイリスタ短絡器とで分担することができる。

【0016】さらに請求項3に対応する発明によれば、サイリスタ短絡器の各アームに抵抗器が接続されているので、過渡直流分がすぐに減衰し、交流分が残り、これにより電流零点をきることができ、自然にサイリスタをオフさせることができ、しかも短絡電流が低減できることから、サイリスタ素子数の低減も可能である。

【0017】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。図 1 は、本発明の第 1 の実施例の構成図である。図において、1～33 は、図 4 で述べた従来の実施例構成図の同一記号と同一である。40 は GTO（ゲートターンオフサイリスタ）で、31 は放電抵抗器であり、これらによりチョッパ回路を構成している。GTO 40 をオンして放電抵抗器 31 に電流を流し、直流電圧が過大にならないようにする。

【0018】電圧検出器 41 は、インバータ 2 の直流回路と直流電源 3 のリンク回路の直流電圧を検出し、この検出値をゲートパルス発生回路 60 に与える。サイリスタ短絡器 59 は、以下に述べるように第 1、第 2、第 3 のアームがデルタ結線されている。第 1 のアームはサイリスタ 50a、50b が逆並列接続され、かつこれに抵抗器 53 が直列に接続されている。同様に第 2 のアームはサイリスタ 51a、51b が逆並列接続され、かつこれに抵抗器 54 が直列に接続されている。このように構成されたサイリスタ短絡器 59 は、巻線形誘導機 1 の二次側に設置され、過電圧発生相のサイリスタを点弧することにより、過電圧発生相を選択的に短絡する。

【0019】電圧検出器 56、57、58 は巻線形誘導機 1 の二次回路の線間電圧を検出するもので、この検出値を以下に述べるゲートパルス発生器 60 に与える。ゲートパルス発生器 60 は、電圧検出器 56～58 により検出された電圧を受けて、チョッパ回路の GTO 40 の動作に至るレベルか、また、さらにサイリスタ短絡器 59 の動作に至るレベルか判定し、動作レベルに達している場合は、GTO 40 及びサイリスタ 50a、50b、51a、51b、52a、52b にゲートパルスを与える。

【0020】図 2 は、ゲートパルス発生器 60 の一例である。図において、61 はチョッパ回路 GTO 40 をオンさせるレベル指令値（保護レベル） $L_{IH}^*$  を与える指令器、62 は同じく GTO 40 をオフさせるレベル指令値  $L_{IL}^*$  を与える指令器、63 は比較器で、指令器 61、62 からの指令値  $L_{IH}^*$ 、 $L_{IL}^*$  と、図 1 における電圧検出器 41 が検出した直流電圧値とを比較し、検出直流電圧値がチョッパ回路の GTO 40 のオンレベル指令値  $L_{IH}^*$  を超えたときは、チョッパ回路の GTO 40 にオン信号を与え、検出直流電圧値が GTO 40 のオフレベル指令値  $L_{IL}^*$  以下になったときは、GTO 40 にオフ信号を与える。64 はサイリスタ短絡器 59 のサイリスタをオンさせるレベルの指令値（動作レベル） $L_2^*$  を与える指令器である。65 は比較器であり、指令器 64 からの指令値  $L_2^*$  と、電圧検出器 56、57、58 で検出した巻線形誘導機 1 の二次回路の各相線間電圧とを比較し、検出値がサイリスタ短絡器 59 の動作レベル指令値  $L_2^*$  を超える場合は、過電圧発生相（過電圧発生アーム）のサイリスタにオン信号を与える。

【0021】図 3 は、以上述べた実施例装置の動作を説

明するための波形図であり、(1)～(7)は、図 5 の従来の実施例による運転波形図の(1)～(7)と同一箇所の波形である。(8)はチョッパ回路の GTO 40 に与えるゲートパルス信号である。(9)は巻線形誘導機 1 の二次回路の  $u_2-v_2$  相間に流れる短絡電流、(10)は  $v_2-w_2$  相間短絡電流、(11)は  $w_2-u_2$  相間短絡電流である。

【0022】時刻  $t_1$  より以前は、巻線形誘導機 1 の一次側には、電力系統 4 の周波数の一次電流 (1)、(2)、(3) が流れ、一方、二次側には、インバータ 2 で制御されるすべり周波数の二次電流 (4)、(5)、(6) が流れる。時刻  $t_1$  において図 1 に示す“A”点で三相短絡故障が発生すると、巻線形誘導機 1 の一次側には、短絡時の内部誘起電圧ベクトルの方向で決まる直流成分を含んだ、短絡電流 (1)、(2)、(3) が流れる。この電流は図に示すように直流成分を含み、巻線形誘導機 1 の一次回路の時定数で減衰する。一次電流 (1)、(2)、(3) の直流成分により、巻線形誘導機 1 の二次側には、回転子の回転速度に相当した周波数の誘起電圧が発生し、二次電流 (4)、(5)、(6) が流れる。二次電流 (4)(5)(6) は、ダイオード 6～11 で整流され、直流回路に流れ込む。この電流によりコンデンサ 18 が充電され、直流電圧 (7) が上昇する。時刻  $t_2$  において、直流電圧 (7) が予め設定した保護レベル  $L_{IH}^*$  に達したとき、GTO 40 をオンして放電電流を流し、直流電圧 (7) の上昇を抑制し、時刻  $t_3$  において、直流電圧 (7) が予め設定したレベル  $L_{IL}^*$  まで降下したとき、GTO 40 をオフさせる。

【0023】チョッパ回路の動作のみで、過電圧が抑制できず、さらに直流電圧 (7) の上昇が動き、時刻  $t_4$  において、保護レベル  $L_2^*$  に達したときは、サイリスタ短絡器 59 のサイリスタ 50a、50b、51a、51b、52a、52b を点弧させ二次回路を短絡することにより過電圧を抑制する。

【0024】直流電圧 (7) がサイリスタ短絡器 59 の動作レベル  $L_2^*$  に達し、サイリスタ短絡器 59 が動作する場合には、サイリスタ短絡器 59 に接続されている抵抗 53～55 とチョッパ回路の GTO 40 に接続されている放電抵抗器 31 の比率により、故障電流がサイリスタ短絡器 59 とチョッパ回路へ分配される。この抵抗比に応じた二次側過電圧の保護をサイリスタ短絡器 59 が分担する。

【0025】以上述べた実施例装置によれば、チョッパ回路に接続された充電抵抗器 31 と、サイリスタ短絡器 59 に接続された抵抗器 53～55 の抵抗比に応じて過電圧保護を分担できる。

【0026】チョッパ回路のみで過電圧保護を行なう方式は、寸法が大きく、部品数も多いことから、スペース面、信頼性を考慮すると、本実施例装置は有効である。

7

また本実施例装置は、サイリスタ短絡器 59 は、選択短絡をするので、余剰な故障電流がサイリスタ短絡器 59 内へ流れ込むことはない。従って、サイリスタ短絡器 59 に接続する抵抗 53～55 の容量は小さくてよい。抵抗 53～55 を接続したことによる外形寸法の増加は少なく、サイリスタ素子数の低減も可能であり、これにより全体として寸法が小さくなる。

【0027】さらに、本実施例装置は、複雑なインバータのゲート操作が要求されるサイリスタ短絡器のサイリスタをオフさせるための制御手段が不要となり、これに伴い、故障が除去された後の通常運転への復帰が速くなる。

【0028】また、本実施例装置によれば、小形で安価な可変速揚水発電システムの過電圧保護装置を実現できるから、その経済的な効果は顕著である。さらに本実施例装置では、サイリスタ短絡器 59 に抵抗器 53～55 が接続されているので、過渡直流分がすぐに減衰し、交流分が残る、この交流分をサイリスタ短絡器 59 で電流零点をきることができ、自然にサイリスタをオフさせることができる。

【0029】また、本実施例では、選択短絡を行うことにより、チョッパ回路とサイリスタ短絡器 59 の両方で並行して、二次側の過電圧を抑制できる。本発明は、以上述べた実施例に限定されず、例えば以下のように構成してもよい。図 1 の実施例の、スイッチング素子 GTO 40 と充電抵抗器 31 の直列回路からなるチョッパ回路および直流リンク回路の第 1 の電圧検出器 41 の代りに、避雷器を用いた構成としても前述した実施例と同様な作用効果が得られる。

【0030】すなわち、短絡故障時に発生する過電圧は避雷器で抑制し、さらに避雷器で抑制できない過電圧はサイリスタ短絡器のサイリスタを点弧させ二次回路を短絡し過電圧を抑制することにより、過電圧の保護を避雷器とサイリスタ短絡器とで分担することができる。

【0031】また第 1 の実施例では、チョッパ回路を動

8

作させるスイッチング素子として GTO を使用した場合について説明したが、整流機能を有する他のスイッチング素子を使用しても良い。さらに、逆並列接続したサイリスタの代りにトライアックなどの双方向サイリスタを用いて構成しても良い。また、インバータ 2 を構成するスイッチング素子として GTO を使用する場合について説明したが、トランジスタや他の自己消弧形スイッチング素子、あるいは、強制転流回路を有するサイリスタ回路など、他のスイッチング手段を用いてインバータを構成しても良い。

【0032】

【発明の効果】本発明によれば、短絡故障発生後生じる過電圧の保護が可能で、かつ速やかに通常運転へ復帰できる小形で安価な可変速揚水発電システムの過電圧保護装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施例を示す構成図。

【図 2】図 1 のゲートパルス発生器の一例を示す制御ブロック図。

【図 3】図 1 の実施例の作用を説明するための波形図。

【図 4】従来の一例を示す構成図。

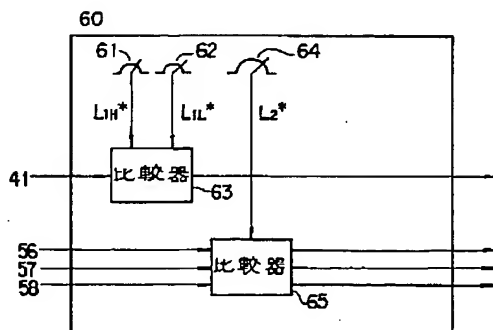
【図 5】図 4 の従来の一例の動作を説明するための運転波形図。

【図 6】従来の一方向のサイリスタから成るサイリスタ短絡器の構成図。

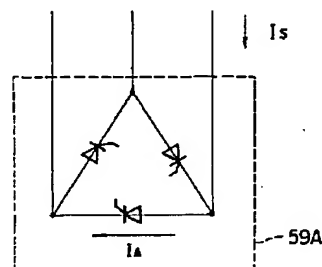
【符号の説明】

1…巻線形誘導機、2…インバータ、3…直流電源、4…電力系統、6～11…ダイオード、12～17…GTO、18…コンデンサ、19～24…ダイオード、25～30…GTO、31…放電抵抗器、33…変圧器、40…チョッパ回路を構成する GTO、41…電圧検出器、50a～52a、50b～52b…サイリスタ、53～55…抵抗器、56～58…電圧検出器、59…サイリスタ短絡器、60…ゲートパルス発生器。

【図 2】

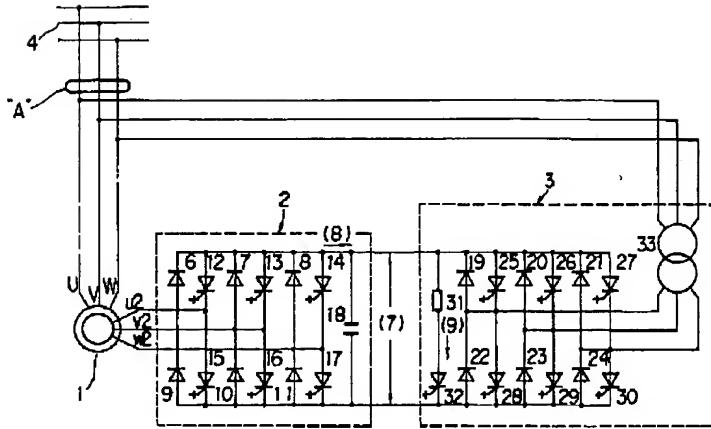


【図 6】

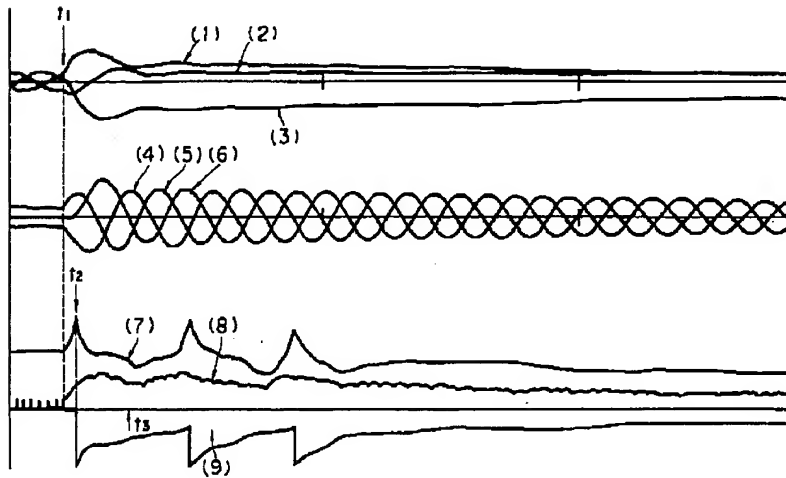




【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 阿部 充幸  
東京都千代田区内幸町一丁目1番3号 東  
京電力株式会社内

(72)発明者 松本 章宏  
東京都千代田区内幸町一丁目1番3号 東  
京電力株式会社内

(72)発明者 菅原 良二  
東京都中央区銀座六丁目15番1号 電源開  
発株式会社内

(72)発明者 佐野 孝義  
東京都中央区銀座六丁目15番1号 電源開  
発株式会社内

(72)発明者 蜂屋 一雄  
東京都中央区銀座六丁目15番1号 電源開  
発株式会社内

(72)発明者 石澤 伸恵  
東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝  
府中工場内

(72)発明者 工藤 健司  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社  
東芝本社事務所内

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

JP-A-07-067393

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-067393

(43)Date of publication of application : 10.03.1995

---

(51)Int.Cl. H02P 9/00

F03B 15/04

H02P 9/30

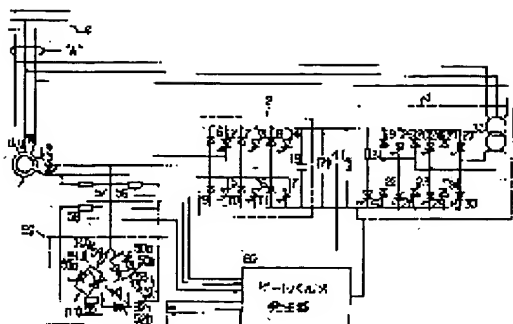
---

(21)Application number : 05-209452 (71)Applicant : TOKYO ELECTRIC  
POWER CO INC:THE  
ELECTRIC POWER DEV  
CO LTD  
TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 24.08.1993 (72)Inventor : SASA CHIKAGE  
ABE MITSUYUKI  
MATSUMOTO AKIHIRO  
SUGAWARA RYOJI  
SANO TAKAYOSHI  
HACHIYA KAZUO  
ISHIZAWA NOBUE  
KUDO KENJI

---

(54) OVERVOLTAGE PROTECTING DEVICE FOR VARIABLE-SPEED  
PUMPED-STORAGE POWER GENERATION SYSTEM



(57)Abstract:

PURPOSE: To enable a chopper circuit and a thyristor short-circuiting equipment to protect overvoltage together by suppressing overvoltage generated on short-circuiting failure using a chopper circuit, short-circuiting a secondary circuit by igniting a thyristor and then suppressing overvoltage for the overvoltage which cannot be suppressed by the chopper circuit.

CONSTITUTION: When a three-phase short-circuiting failure occurs at a point 'A', a short-circuiting current including DC component flows to the primary side of a coil winding induction machine 1, induction voltage is generated at a secondary side and a secondary current flows, thus charging a capacitor 18 and causing DC voltage (7) to increase. Then, when a protection level is reached, GTO 41 is turned on and a discharge current flows, thus

suppressing the increase in the DC voltage (7). When the DC voltage (7) further increases and reaches a set level, thyristors 50a, 50b, 51a, 51b, 52a, and 52b of a thyristor short-circuiting equipment 59 are ignited for short-circuiting a secondary circuit and protection according to the resistance ratio of a charge resistor 31 connected to the chopper circuit and resistors 53-55 connected to a thyristor short-circuiting resistor 59.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.11.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3100805

[Date of registration] 18.08.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] In the adjustable-speed pumped hydro power generation system which controls the secondary current of a three phase coil form induction machine by the inverter, performs adjustable-speed operation, and performs transfer of electric power system and power The DC power supply which supply direct current voltage to said inverter, and the capacitor which carries out smooth [ of the direct current voltage from these DC power supply ], The chopper circuit which is connected to this capacitor at juxtaposition and consists of a series circuit of a switching element and resistance, The thyristor short circuit machine which comes to carry out the delta connection of the series circuit of resistance to the thyristor component which was connected to the secondary circuit of said coil form induction machine, and connected with reverse juxtaposition, With the signal of said DC power supply, the 1st electrical-potential-difference detector which detects the electrical potential difference of the link circuit of said inverter, the 2nd electrical-potential-difference detector which detects the three phase line voltage of the secondary circuit of said coil form induction machine, and said 1st electrical-potential-difference detector Overvoltage protection equipment of the adjustable-speed pumped hydro power generation system characterized by providing a means to turn on and off the switching element of said chopper circuit, and a means to turn on and off the thyristor component of said thyristor short circuit machine with the signal of said 2nd electrical-potential-difference detector.

[Claim 2] In the adjustable-speed pumped hydro power generation system which controls the secondary current of a three phase coil form induction machine by the inverter, performs adjustable-speed operation, and performs transfer of electric power system and power The DC power supply which supply direct current voltage to said inverter, and the capacitor which carries out smooth [ of the direct current voltage from these DC power supply ], The thyristor short circuit machine which comes to carry out the delta connection of the series circuit of resistance to the thyristor component which was connected to the secondary circuit of said coil form induction machine, and connected with reverse juxtaposition, With the signal of the lightning arrester which operates when the electrical potential difference of the link circuit of said DC power supply and said inverter turns into an overvoltage, the 2nd electrical-potential-difference detector which detects the three phase line voltage of the secondary circuit of said coil form induction machine, and said 2nd electrical-potential-difference detector Overvoltage protection equipment of the adjustable-speed pumped hydro power generation system characterized by providing a means to turn on and off the thyristor component of said thyristor short circuit machine.

[Claim 3] In the adjustable-speed pumped hydro power generation system which controls the secondary current of a three phase coil form induction machine by the inverter, performs adjustable-speed operation, and performs transfer of electric power system and power When closed-circuit failure occurs in the upstream of said coil form induction machine, it is for controlling this generating overvoltage. Overvoltage protection equipment of the adjustable-speed pumped hydro power generation system characterized by providing the thyristor short circuit machine which comes to carry out the delta connection of the series circuit of resistance to the thyristor component which was connected to the secondary circuit of said coil form induction machine, and connected with reverse juxtaposition.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] In the adjustable-speed pumped hydro power generation system which controls the secondary current of a three phase coil form induction machine by the inverter, performs adjustable-speed operation, and performs transfer of electric power system and power, this invention relates to the overvoltage protection equipment which controls a generating overvoltage, when closed-circuit failure occurs in the upstream of a three phase coil form induction machine.

[0002]

[Description of the Prior Art] Drawing 4 is the block diagram of the conventional example. In drawing, the inverter with which 1 controls a coil form induction machine and 2 controls the secondary current of the coil form induction machine 1, the DC power supply by which 3 supplies direct current voltage to an inverter 2, and 4 are electric power system. The inverter 2 consists of diodes 6-11 by which bridge connection was carried out, GTO (gate turn-off thyristor) 12-17, and a capacitor 18.

[0003] Moreover, DC power supply 3 consist of transformers 33 with the diodes 19-24 by which the bridge configuration was carried out, and GTO (gate turn-off thyristor) 25-30.

[0004] GTO32 is turned on in DC power supply 3, and when a discharging resistor 31 and GTO32 are contained and direct current voltage reaches a predetermined value exceeding rated value, to it, it protects so that a sink and direct current voltage may not become excessive about a current at a discharging resistor 31.

[0005] Drawing 5 is an operation wave form chart by the conventional example of drawing 4. For V phase primary current and (3), as for u2 phase secondary current of the coil form induction machine 1, and (5), in drawing, W phase primary current and (4) are [ (1) / U phase primary current of the coil form induction machine 1 and (2) / v2 phase secondary current and (6) ] w2 phase secondary currents. (7) is the direct current voltage of an inverter 2. (8) is the direct current of an inverter 2, and as shown in drawing 4, it is diodes 6-11, the bridge which consists of GTO(s) 12-17, and a current between capacitors 18. (9) is a current which flows to a discharging resistor 31.

[0006] Time of day t1 Before, to the upstream of the coil form induction machine 1, the primary current (1) of the frequency of electric power system 4, (2), and (3) flow, and, on the other hand, the secondary current (4) of the skid frequency controlled by the inverter 2, (5), and (6) flow to secondary at it.

[0007] Time of day t1 It sets, and if three-phase short circuit failure occurs at the "A" point shown in drawing 4, the short-circuit current (1) which contained in the upstream of the coil form induction machine 1 the dc component decided in the direction of the internal induced voltage vector at the time of a short circuit, (2), and (3) will flow. This current is decreased with the time constant of the primary circuit of the coil form induction machine 1 including a dc component, as shown in drawing. By the dc component of the primary current (1), (2), and (3), to secondary [ of the coil form induction machine 1 ], the induced voltage of a frequency occurs considerable the bottom in the rotational speed of a rotator, and the secondary current (4), (5), and (6) flow. Generating of closed-circuit failure is detected, the thing which turns off an inverter 2 and GTO 12-17 then the secondary current (4), (5), and (6) are rectified by diodes 6-11, and the wave-like current shown in (8) flows into a direct current circuit. A

capacitor 18 is charged according to this current, and direct current voltage (7) rises. Time of day t2 It sets, and when direct current voltage reaches the protection level set up beforehand, GTO32 is turned on and the rise of a sink and direct current voltage (7) is controlled for the discharge current (9). And time of day t3 It sets, and GTO32 is turned off when direct current voltage (7) descends to the level set up beforehand. Overvoltage energy is absorbed by the above actuation in a chopper circuit, an overvoltage is controlled, and it usually returns to operation.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] With the conventional configuration described above, in order to control the overvoltage generated by closed-circuit failure only in a chopper circuit, it is necessary to make chopper capacity into the capacity which can control the overvoltage in all the fault points. When it does in this way, since it becomes large capacity and the number of components increases, dependability falls, and chopper capacity needs a large installation tooth space. Furthermore, since it becomes expensive equipment, economical efficiency will be spoiled remarkably.

[0009] As a means for solving such a trouble, as shown in drawing 6, short circuit machine 59A which carried out delta connection of the three thyristors is prepared in the secondary circuit of the coil form induction machine 1, and how to share a chopper circuit and overvoltage control can be considered. This becomes possible to make capacity of a chopper circuit small. Although this method makes the thyristor of short circuit machine 59A turn on, carries out the package short circuit of the three phase and controls an overvoltage by detection of overvoltage generating, if the thyristor of thyristor short circuit machine 59A is made to once turn on for a secondary transient dc component, an ON state will continue by this method. For this reason, when the thyristor short circuit machine of drawing 6 is used, after an overvoltage is controlled by actuation of a chopper circuit and a thyristor short circuit machine and failure is removed, special control of the inverter which makes a thyristor short circuit machine turn off is needed. For this reason, the return to operation usually takes time amount.

[0010] This invention aims at offering the overvoltage protection equipment of the small and cheap adjustable-speed pumped hydro power generation system which can usually return to operation promptly possible [ protection of the overvoltage produced after closed-circuit failure generating ], in order to remove the fault of equipment conventionally which was described above.

[0011]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, invention corresponding to claim 1 In the adjustable-speed pumped hydro power generation system which controls the secondary current of a three phase coil form induction machine by the inverter, performs adjustable-speed operation, and performs transfer of electric power system and power The DC power supply which supply direct current voltage to said inverter, and the capacitor which carries out smooth [ of the direct current voltage from these DC power supply ], The chopper circuit which is connected to this capacitor at juxtaposition and consists of a series circuit of a switching element and resistance, The thyristor short circuit machine which comes to carry out the delta connection of the series circuit of resistance to the thyristor component which was connected to the secondary circuit of said coil form induction machine, and connected with reverse juxtaposition, With the signal of said DC power supply, the 1st electrical-potential-difference detector which detects the electrical potential difference of the link circuit of said inverter, the 2nd electrical-potential-difference detector which detects the three phase line voltage of the secondary circuit of said coil form induction machine, and said 1st electrical-potential-difference detector It is overvoltage protection

equipment of the adjustable-speed pumped hydro power generation system which possesses a means to turn on and off the thyristor component of said thyristor short circuit machine, with the signal of a means to turn on and off the switching element of said chopper circuit, and said 2nd electrical-potential-difference detector.

[0012] In order to attain the above-mentioned purpose, invention corresponding to claim 2 In the adjustable-speed pumped hydro power generation system which controls the secondary current of a three phase coil form induction machine by the inverter, performs adjustable-speed operation, and performs transfer of electric power system and power The DC power supply which supply direct current voltage to said inverter, and the capacitor which carries out smooth [ of the direct current voltage from these DC power supply ], The thyristor short circuit machine which comes to carry out the delta connection of the series circuit of resistance to the thyristor component which was connected to the secondary circuit of said coil form induction machine, and connected with reverse juxtaposition, With the signal of the lightning arrester which operates when the electrical potential difference of the link circuit of said DC power supply and said inverter turns into an overvoltage, the 2nd electrical-potential-difference detector which detects the three phase line voltage of the secondary circuit of said coil form induction machine, and said 2nd electrical-potential-difference detector It is overvoltage protection equipment of the adjustable-speed pumped hydro power generation system possessing a means to turn on and off the thyristor component of said thyristor short circuit machine.

[0013] In order to attain the above-mentioned purpose, invention corresponding to claim 3 In the adjustable-speed pumped hydro power generation system which controls the secondary current of a three phase coil form induction machine by the inverter, performs adjustable-speed operation, and performs transfer of electric power system and power When closed-circuit failure occurs in the upstream of said coil form induction machine, it is for controlling this generating overvoltage. It is overvoltage protection equipment of the adjustable-speed pumped hydro power generation system possessing the thyristor short circuit machine which comes to carry out the delta connection of the series circuit of resistance to the thyristor component which was connected to the secondary circuit of said coil form induction machine, and connected with reverse juxtaposition.

[0014]

[Function] According to invention corresponding to claim 1, the overvoltage which controls the overvoltage generated at the time of closed-circuit failure in a chopper circuit, and cannot be controlled further in a chopper circuit can share protection of an overvoltage with a chopper circuit and a thyristor short circuit machine by making the thyristor of a thyristor short circuit machine ignite, short-circuiting a secondary circuit, and controlling an overvoltage.

[0015] Moreover, according to invention corresponding to claim 2, the overvoltage which controls the overvoltage generated at the time of closed-circuit failure with a lightning arrester, and cannot be further controlled with a lightning arrester can share protection of an overvoltage with a lightning arrester and a thyristor short circuit machine by making the thyristor of a thyristor short circuit machine ignite, short-circuiting a secondary circuit, and controlling an overvoltage.

[0016] Since the resistor is furthermore connected to each arm of a thyristor short circuit machine according to invention corresponding to claim 3, the amount of transient direct current can decrease immediately, an alternating component can remain, a current zero point can be cut by this, a thyristor can be made to turn off automatically and a short-circuit current can moreover be reduced, reduction of a thyristor element number is also

possible.

[0017]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained based on a drawing.

Drawing 1 is the block diagram of the 1st example of this invention. In drawing, 1-33 are the same as that of the same notation of the conventional example block diagram stated by drawing 4. 40 is GTO (gate turn-off thyristor), and 31 is a discharging resistor and constitutes the chopper circuit by these. GTO40 is turned on and a current is made for a sink and direct current voltage not to become excessive at a discharging resistor 31.

[0018] The electrical-potential-difference detector 41 detects the direct current voltage of the direct current circuit of an inverter 2, and the link circuit of DC power supply 3, and gives this detection value to the gate pulse generating circuit 60. The delta connection of the 1st, 2nd, and 3rd arm is carried out so that the thyristor short circuit machine 59 may be described below. Antiparallel connection of the thyristors 50a and 50b is carried out, and, as for the 1st arm, the resistor 53 is connected to this at the serial. Similarly, antiparallel connection of the thyristors 51a and 51b is carried out, and, as for the 2nd arm, the resistor 54 is connected to this at the serial. Thus, the constituted thyristor short circuit machine 59 is installed in secondary [ of the coil form induction machine 1 ], and short-circuits an overvoltage generating phase alternatively by igniting the thyristor of an overvoltage generating phase.

[0019] The electrical-potential-difference detectors 56, 57, and 58 detect the line voltage of the secondary circuit of the coil form induction machine 1, and give it to the gate pulse generator 60 which describes this detection value below. the level to which the gate pulse generator 60 results in actuation of GTO40 of a chopper circuit in response to the electrical potential difference detected by the electrical-potential-difference detectors 56-58 -- furthermore, a gate pulse is given to GTO40 and Thyristors 50a, 50b, 51a, 51b, 52a, and 52b, when it judges and level of operation is reached, the level which results in actuation of the thyristor short circuit machine 59, or.

[0020] Drawing 2 is an example of the gate pulse generator 60. level command value (protection level) LIH\* which 61 makes turn on a chopper circuit GTO40 in drawing Level command value LIL\* which the command machine to give and 62 make turn off GTO40 similarly The command machine to give and 63 are comparators. Command value LIH\* from the command machines 61 and 62, and LIL\* The direct-current-voltage value which the electrical-potential-difference detector 41 in drawing 1 detected is compared. A detection direct-current-voltage value is on-level command value LIH\* of GTO40 of a chopper circuit. When it exceeds, an ON signal is given to GTO40 of a chopper circuit, and a detection direct-current-voltage value is off level command value LIL\* of GTO40. An off signal is given to GTO40 when it becomes below. 64 is command value (level of operation) L2 \* of level which makes the thyristor of the thyristor short circuit machine 59 turn on. It is the command machine to give. 65 is a comparator and is command value L2 \* from the command machine 64. Each phase line voltage of the secondary circuit of the coil form induction machine 1 detected with the electrical-potential-difference detectors 56, 57, and 58 is compared, and a detection value is of operation level command value L2 \* of the thyristor short circuit machine 59. An ON signal is given to the thyristor of an overvoltage generating phase (overvoltage generating arm) when exceeding.

[0021] Drawing 3 is a wave form chart for explaining actuation of the example equipment described above, and is the wave of the part as (1)(1) of operation wave form chart by conventional example of drawing 5 - (7) where - (7) is the same. (8) is a gate pulse signal given to GTO40 of a chopper circuit. As for the short-circuit current to

which (9) flows to u2-v2 interphase of the secondary circuit of the former inductor 1, and (10), a v2-w2 interphase short-circuit current and (11) are w2-u2 interphase short-circuit currents.

[0022] Time of day t1 Before, to the upstream of the coil form induction machine 1, the primary current (1) of the frequency of electric power system 4, (2), and (3) flow, and, on the other hand, the secondary current (4) of the skid frequency controlled by the inverter 2, (5), and (6) flow to secondary at it. Time of day t1 If three-phase short circuit failure occurs at the "A" point which is set and is shown in drawing 1, the short-circuit current (1) which contained in the upstream of the coil form induction machine 1 the dc component decided in the direction of the internal induced voltage vector at the time of a short circuit, (2), and (3) will flow. This current is decreased with the time constant of the primary circuit of the coil form induction machine 1 including a dc component, as shown in drawing. By the dc component of the primary current (1), (2), and (3), to secondary [ of the coil form induction machine 1 ], the induced voltage of a frequency occurs considerable the bottom in the rotational speed of a rotator, and the secondary current (4), (5), and (6) flow. It is rectified by diodes 6-11 and the secondary current (4), (5), and (6) flow into a direct current circuit. A capacitor 18 is charged according to this current, and direct current voltage (7) rises. time of day t2 Protection level LIH\* which was set and direct current voltage (7) set up beforehand the time of reaching -- GTO40 - - turning on -- the discharge current -- the rise of a sink and direct current voltage (7) -- controlling -- time of day t3 setting -- direct current voltage (7) -- level LIL\* set up beforehand up to -- GTO40 is made to turn off when it descends

[0023] An overvoltage cannot be controlled, but the rise of direct current voltage (7) moves only by actuation of a chopper circuit further, and it is time of day t4. It sets and is protection level L2 \*. When it reaches, an overvoltage is controlled by making the thyristors 50a, 50b, 51a, 51b, 52a, and 52b of the thyristor short circuit machine 59 ignite, and short-circuiting a secondary circuit.

[0024] Direct current voltage (7) is of operation level L2 \* of the thyristor short circuit machine 59. When it reaches and the thyristor short circuit machine 59 operates, a fault current is distributed to the thyristor short circuit machine 59 and a chopper circuit by the ratio of the discharging resistor 31 connected to GTO40 of the resistance 53-55 connected to the thyristor short circuit machine 59, and a chopper circuit. The thyristor short circuit machine 59 shares protection of the secondary overvoltage according to this resistance ratio.

[0025] According to the example equipment described above, overvoltage protection can be shared according to the resistance ratio of the charge resistor 31 connected to the chopper circuit, and the resistors 53-55 connected to the thyristor short circuit machine 59.

[0026] The method which performs overvoltage protection only in a chopper circuit has a large dimension, and since there are many components, if a tooth-space side and dependability are taken into consideration, this example equipment is effective. Moreover, since, as for this example equipment, the thyristor short circuit machine 59 carries out a selection short circuit, a surplus fault current does not flow in into the thyristor short circuit machine 59. Therefore, since the capacity of the resistance 53-55 linked to the thyristor short circuit machine 59 may be small, there are few increments in the dimension by having connected resistance 53-55, reduction of a thyristor element number is also possible, and, thereby, a dimension becomes small as a whole.

[0027] Furthermore, the control means for making the thyristor of the thyristor short circuit machine with which gate actuation of a complicated inverter is demanded turn off becomes unnecessary [ this example equipment ], and the return to usual operation

after failure was removed becomes quick in connection with this.

[0028] Moreover, according to this example equipment, since the overvoltage protection equipment of a small and cheap adjustable-speed pumped hydro power generation system is realizable, the economical effectiveness is remarkable. Since resistors 53-55 are connected to the thyristor short circuit machine 59, the amount of transient direct current can decrease immediately, an alternating component can remain, a current zero point can be cut for this alternating component with the thyristor short circuit vessel 59, and a thyristor can be made to turn off automatically with this example equipment furthermore.

[0029] Moreover, in this example, a secondary overvoltage can be controlled in parallel with both a chopper circuit and the thyristor short circuit vessel 59 by performing a selection short circuit. This invention is not limited to the example described above, for example, may be constituted as follows. The same operation effectiveness as the example mentioned above also as a configuration which used the lightning arrester instead of the 1st electrical-potential-difference detector 41 of the chopper circuit which consists of a series circuit of the switching element GTO40 and the charge resistor 31 of the example of drawing 1, and a direct-current link circuit is acquired.

[0030] That is, the overvoltage which controls the overvoltage generated at the time of closed-circuit failure with a lightning arrester, and cannot be further controlled with a lightning arrester can share protection of an overvoltage with a lightning arrester and a thyristor short circuit machine by making the thyristor of a thyristor short circuit machine ignite, short-circuiting a secondary circuit, and controlling an overvoltage.

[0031] Moreover, although the 1st example explained the case where GTO was used as a switching element which operates a chopper circuit, other switching elements which have a rectification function may be used. Furthermore, bidirectional thyristors, such as a triac, may be used and constituted instead of the thyristor which carried out antiparallel connection. Moreover, although the case where GTO was used as a switching element which constitutes an inverter 2 was explained, the thyristor circuit which has a transistor, and other self-extinction of arc form switching elements or forced commutation circuits may constitute an inverter using other switching means.

[0032]

[Effect of the Invention] According to this invention, the overvoltage protection equipment of the small and cheap adjustable-speed pumped hydro power generation system which can usually return to operation promptly possible [ protection of the overvoltage produced after closed-circuit failure generating ] can be offered.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The block diagram showing the 1st example of this invention.

[Drawing 2] The control-block Fig. showing an example of the gate pulse generator of drawing 1.

[Drawing 3] The wave form chart for explaining an operation of the example of drawing 1.

[Drawing 4] The block diagram showing a conventional example.

[Drawing 5] The operation wave form chart for explaining actuation of a conventional example of drawing 4.

[Drawing 6] The block diagram of the thyristor short circuit machine which consists of

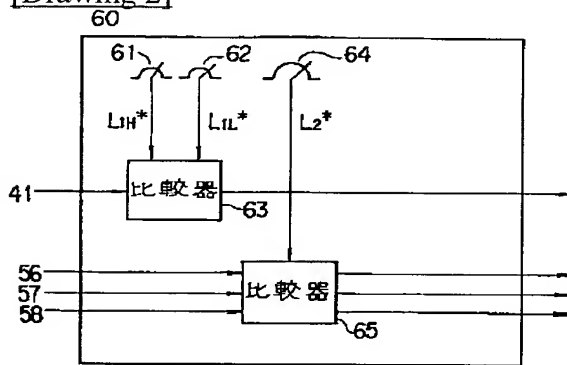
the thyristor of the conventional one direction.

[Description of Notations]

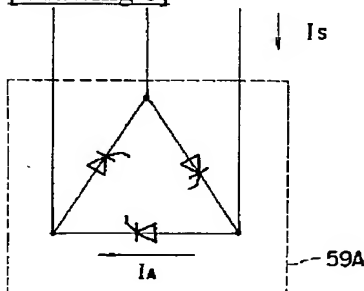
1 [ -- Electric power system, ] -- A coil form induction machine, 2 -- An inverter, 3 -- DC power supply, 4 6-11 [ -- Diode, ] -- Diode, 12-17 -- GTO, 18 -- A capacitor, 19-24 25-30 [ -- GTO which constitutes a chopper circuit, ] -- GTO, 31 -- A discharging resistor, 33 -- A transformer, 40 41 [ -- An electrical-potential-difference detector, 59 / - A thyristor short circuit machine, 60 / -- Gate pulse generator. ] -- An electrical-potential-difference detector, 50a-52a, 50b-52b -- A thyristor, 53-55 -- A resistor, 56-58

## DRAWINGS

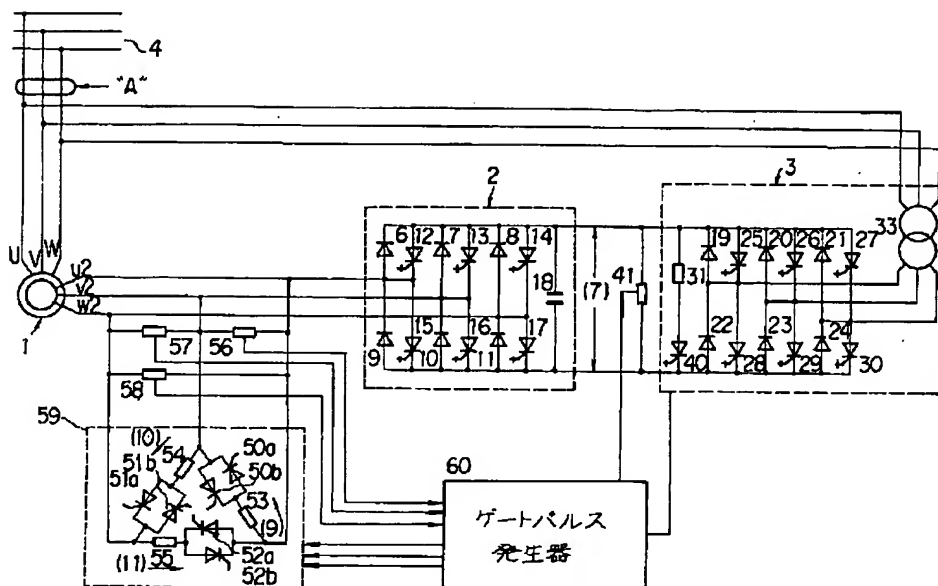
[Drawing 2]



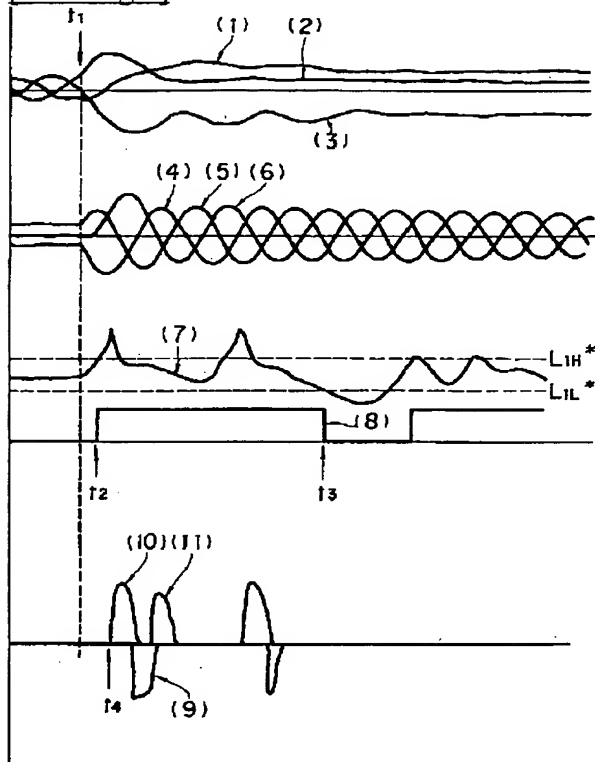
[Drawing 6]



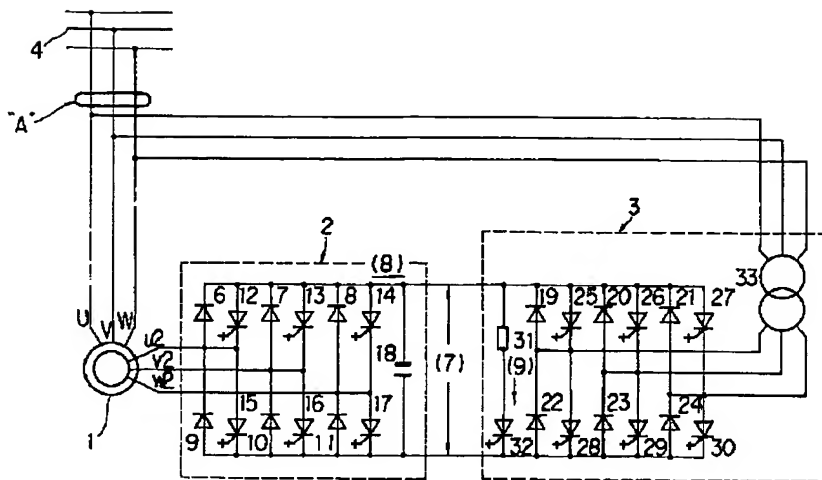
[Drawing 1]



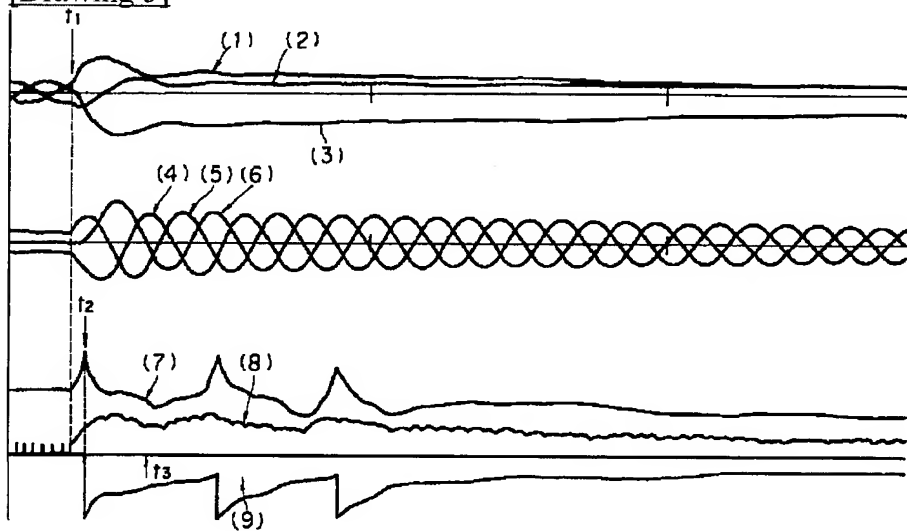
[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Drawing 5]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-67393

(43) 公開日 平成7年(1995)3月10日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 P 9/00	B	9178-5H		
	C	9178-5H		
F 0 3 B 15/04	Z	7504-3H		
H 0 2 P 9/30	L	9178-5H		

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平5-209452

(22) 出願日 平成5年(1993)8月24日

(71) 出願人 000003687

東京電力株式会社

東京都千代田区内幸町1丁目1番3号

(71) 出願人 000217686

電源開発株式会社

東京都中央区銀座6丁目15番1号

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 佐々 千景

東京都千代田区内幸町一丁目1番3号 東

京電力株式会社内

(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

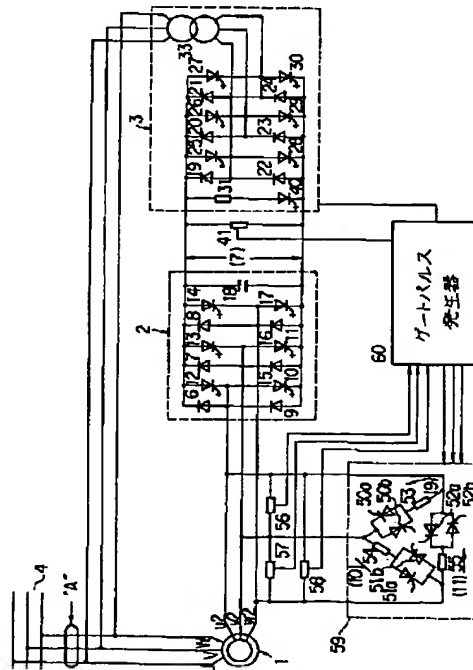
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可変速揚水発電システムの過電圧保護装置

(57) 【要約】

【目的】 短絡故障発生後生じる過電圧の保護が可能で、かつ速やかに通常運転へ復帰できる小形で安価な可変速揚水発電システムの過電圧保護装置を得る。

【構成】 インバータ2に直流電圧を供給する直流電源3と、3からの直流電圧を平滑するコンデンサ18と、18に並列に接続され、スイッチング素子40と抵抗31の直列回路からなるチョッパ回路と、巻線形誘導機1の二次側回路に接続され、逆並列に接続したサイリスタ素子と抵抗53～55の直列回路をデルタ結線してなるサイリスタ短絡器59と、3と2のリンク回路の電圧を検出する電圧検出器41と1の二次側回路の三相線間電圧を検出する電圧検出器56～58と、電圧検出器41の信号により、チョッパ回路のスイッチング素子40をオン・オフし、また電圧検出器56～58の信号により、サイリスタ短絡器59のサイリスタ素子をオン・オフするゲートパルス発生器60を具備したもの。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 三相巻線形誘導機の二次電流をインバータで制御して可変速運転を行ない、電力系統と電力の授受を行なう可変速揚水発電システムにおいて、前記インバータに直流電圧を供給する直流電源と、この直流電源からの直流電圧を平滑するコンデンサと、このコンデンサに並列に接続され、スイッチング素子と抵抗の直列回路からなるチョッパ回路と、前記巻線形誘導機の二次側回路に接続され、逆並列に接続したサイリスタ素子と抵抗の直列回路をデルタ結線してなるサイリスタ短絡器と、前記直流電源と前記インバータのリンク回路の電圧を検出する第1の電圧検出器と、前記巻線形誘導機の二次側回路の三相線間電圧を検出する第2の電圧検出器と、前記第1の電圧検出器の信号により、前記チョッパ回路のスイッチング素子をオン・オフする手段と、前記第2の電圧検出器の信号により、前記サイリスタ短絡器のサイリスタ素子をオン・オフする手段と、を具備したことを特徴とする可変速揚水発電システムの過電圧保護装置。

【請求項2】 三相巻線形誘導機の二次電流をインバータで制御して可変速運転を行ない、電力系統と電力の授受を行なう可変速揚水発電システムにおいて、前記インバータに直流電圧を供給する直流電源と、この直流電源からの直流電圧を平滑するコンデンサと、前記巻線形誘導機の二次側回路に接続され、逆並列に接続したサイリスタ素子と抵抗の直列回路をデルタ結線してなるサイリスタ短絡器と、前記直流電源と前記インバータのリンク回路の電圧が過電圧となったとき動作する避雷器と、前記巻線形誘導機の二次側回路の三相線間電圧を検出する第2の電圧検出器と、前記第2の電圧検出器の信号により、前記サイリスタ短絡器のサイリスタ素子をオン・オフする手段と、を具備したことを特徴とする可変速揚水発電システムの過電圧保護装置。

【請求項3】 三相巻線形誘導機の二次電流をインバータで制御して可変速運転を行ない、電力系統と電力の授受を行なう可変速揚水発電システムにおいて、前記巻線形誘導機の一次側で短絡故障が発生した時に、この発生過電圧を抑制するためのものであって、前記巻線形誘導機の二次側回路に接続され、逆並列に接続したサイリスタ素子と抵抗の直列回路をデルタ結線してなるサイリスタ短絡器を具備したことを特徴とする可変速揚水発電システムの過電圧保護装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、三相巻線形誘導機の二次電流をインバータで制御して可変速運転を行ない、電

2

力系統と電力の授受を行なう可変速揚水発電システムにおいて、三相巻線形誘導機の一次側で短絡故障が発生した時に、発生過電圧を抑制する過電圧保護装置に関する。

【0002】

【従来の技術】図4は、従来の実施例の構成図である。図において、1は巻線形誘導機、2は巻線形誘導機1の二次電流を制御するインバータ、3はインバータ2に直流電圧を供給する直流電源、4は電力系統である。インバータ2は、例えば、ブリッジ接続されたダイオード6～11およびGTO（ゲートターンオフサイリスタ）12～17、ならびにコンデンサ18で構成されている。

【0003】また、直流電源3は、例えば、ブリッジ構成されたダイオード19～24およびGTO（ゲートターンオフサイリスタ）25～30と、変圧器33で構成されている。

【0004】直流電源3には、放電抵抗器31、GTO32が含まれ、直流電圧が定格値を超えて所定値に達したとき、GTO32をオンして放電抵抗器31に電流を流し、直流電圧が過大にならないように保護する。

【0005】図5は、図4の従来の実施例による運転波形図である。図において、(1)は巻線形誘導機1のU相一次電流、(2)はV相一次電流、(3)はW相一次電流、(4)は巻線形誘導機1のu2相二次電流、(5)はv2相二次電流、(6)はw2相二次電流である。(7)はインバータ2の直流電圧である。(8)はインバータ2の直流電流で、図4に示すように、ダイオード6～11とGTO12～17で構成されるブリッジと、コンデンサ18の間の電流である。(9)は放電抵抗器31に流れる電流である。

【0006】時刻 $t_1$ より以前は、巻線形誘導機1の一次側には、電力系統4の周波数の一次電流(1)(2)(3)が流れ、一方、二次側には、インバータ2で制御されるすべり周波数の二次電流(4)、(5)、(6)が流れる。

【0007】時刻 $t_1$ において、図4に示す“A”点で三相短絡故障が発生すると、巻線形誘導機1の一次側には、短絡時の内部誘起電圧ベクトルの方向で決まる直流成分を含んだ、短絡電流(1)、(2)、(3)が流れる。この電流は図に示すように直流成分を含み、巻線形誘導機1の一次回路の時定数で減衰する。一次電流(1)、(2)、(3)の直流成分により、巻線形誘導機1の二次側には、回転子の回転速度に相当した周波数の誘起電圧が発生し、二次電流(4)、(5)、(6)が流れる。短絡故障の発生を検知して、インバータ2とGTO12～17をオフするものとすれば、二次電流(4)、(5)、(6)は、ダイオード6～11で整流され、(8)に示す波形の電流が直流回路に流れ込む。この電流によりコンデンサ18が充電され、直流電圧(7)が上昇する。時刻 $t_2$ において、直流電圧が予め

3

設定した保護レベルに達したとき、GTO32をオンして放電電流(9)を流し、直流電圧(7)の上昇を抑制する。そして、時刻 $t_3$ において、直流電圧(7)が予め設定したレベルまで低下したとき、GTO32をオフする。以上の動作により過電圧エネルギーをチョッパ回路で吸収し、過電圧を抑制し、通常運転へと復帰する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】以上述べた従来の構成では、短絡故障により発生する過電圧をチョッパ回路のみで抑制するため、チョッパ容量は全ての故障点における過電圧を抑制できる容量にする必要がある。このようにするとチョッパ容量は大容量となり、部品数が多くなることから信頼性が低下し、また、広い設置スペースを必要とする。さらに、高価な装置となるため著しく経済性を損なうことになる。

【0009】このような問題点を解決するための手段として、巻線形誘導機1の二次側回路に図6に示すように3個のサイリスタを $\Delta$ 結線した短絡器59Aを設け、チョッパ回路と過電圧抑制を分担する方法が考えられる。これにより、チョッパ回路の容量を小さくすることが可能となる。この方式は、過電圧発生の検知により、短絡器59Aのサイリスタをオンさせて、三相を一括短絡させ過電圧を抑制するものであるが、本方式ではサイリスタ短絡器59Aのサイリスタは、二次側の過渡直流成分のため、一旦オンさせるとオン状態が続く。このため、図6のサイリスタ短絡器を用いた場合においては、チョッパ回路とサイリスタ短絡器の動作により過電圧が抑制され、かつ故障が除去された後に、サイリスタ短絡器をオフさせるインバータの特殊な制御が必要となる。このため、通常運転への復帰に時間がかかる。

【0010】本発明は、以上述べた従来装置の欠点を除去するために、短絡故障発生後生じる過電圧の保護が可能で、かつ速やかに通常運転へ復帰できる小形で安価な可変速揚水発電システムの過電圧保護装置を提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1に対応する発明は、三相巻線形誘導機の二次電流をインバータで制御して可変速運転を行ない、電力系統と電力の授受を行なう可変速揚水発電システムにおいて、前記インバータに直流電圧を供給する直流電源と、この直流電源からの直流電圧を平滑するコンデンサと、このコンデンサに並列に接続され、スイッチング素子と抵抗の直列回路からなるチョッパ回路と、前記巻線形誘導機の二次側回路に接続され、逆並列に接続したサイリスタ素子と抵抗の直列回路をデルタ結線してなるサイリスタ短絡器と、前記直流電源と前記インバータのリンク回路の電圧を検出する第1の電圧検出器と、前記巻線形誘導機の二次側回路の三相線間電圧を検出する第2の電圧検出器と、前記第1の電圧検出器の信号により、

4

前記チョッパ回路のスイッチング素子をオン・オフする手段と、前記第2の電圧検出器の信号により、前記サイリスタ短絡器のサイリスタ素子をオン・オフする手段を具備した可変速揚水発電システムの過電圧保護装置である。

【0012】上記目的を達成するために、請求項2に対応する発明は、三相巻線形誘導機の二次電流をインバータで制御して可変速運転を行ない、電力系統と電力の授受を行なう可変速揚水発電システムにおいて、前記インバータに直流電圧を供給する直流電源と、この直流電源からの直流電圧を平滑するコンデンサと、前記巻線形誘導機の二次側回路に接続され、逆並列に接続したサイリスタ素子と抵抗の直列回路をデルタ結線してなるサイリスタ短絡器と、前記直流電源と前記インバータのリンク回路の電圧が過電圧となったとき動作する避雷器と、前記巻線形誘導機の二次側回路の三相線間電圧を検出する第2の電圧検出器と、前記第2の電圧検出器の信号により、前記サイリスタ短絡器のサイリスタ素子をオン・オフする手段を具備した可変速揚水発電システムの過電圧保護装置である。

【0013】上記目的を達成するために、請求項3に対応する発明は、三相巻線形誘導機の二次電流をインバータで制御して可変速運転を行ない、電力系統と電力の授受を行なう可変速揚水発電システムにおいて、前記巻線形誘導機の一次側で短絡故障が発生した時に、この発生過電圧を抑制するためのものであって、前記巻線形誘導機の二次側回路に接続され、逆並列に接続したサイリスタ素子と抵抗の直列回路をデルタ結線してなるサイリスタ短絡器を具備した可変速揚水発電システムの過電圧保護装置である。

【0014】

【作用】請求項1に対応する発明によれば、短絡故障時に発生する過電圧はチョッパ回路で抑制し、さらにチョッパ回路で抑制できない過電圧はサイリスタ短絡器のサイリスタを点弧させ二次回路を短絡し過電圧を抑制することにより、過電圧の保護をチョッパ回路とサイリスタ短絡器とで分担することができる。

【0015】また、請求項2に対応する発明によれば、短絡故障時に発生する過電圧は避雷器で抑制し、さらに避雷器で抑制できない過電圧はサイリスタ短絡器のサイリスタを点弧させ二次回路を短絡し過電圧を抑制することにより、過電圧の保護を避雷器とサイリスタ短絡器とで分担することができる。

【0016】さらに請求項3に対応する発明によれば、サイリスタ短絡器の各アームに抵抗器が接続されているので、過渡直流分がすぐに減衰し、交流分が残るので、過電圧の保護を避雷器とサイリスタ短絡器とで分担することができる。

【0017】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。図1は、本発明の第1の実施例の構成図である。図において、1～33は、図4で述べた従来の実施例構成図の同一記号と同一である。40はGTO（ゲートターンオフサイリスタ）で、31は放電抵抗器であり、これらによりチョッパ回路を構成している。GTO40をオンして放電抵抗器31に電流を流し、直流電圧が過大にならないようにする。

【0018】電圧検出器41は、インバータ2の直流回路と直流電源3のリンク回路の直流電圧を検出し、この検出値をゲートパルス発生回路60に与える。サイリスタ短絡器59は、以下に述べるように第1、第2、第3のアームがデルタ結線されている。第1のアームはサイリスタ50a、50bが逆並列接続され、かつこれに抵抗器53が直列に接続されている。同様に第2のアームはサイリスタ51a、51bが逆並列接続され、かつこれに抵抗器54が直列に接続されている。このように構成されたサイリスタ短絡器59は、巻線形誘導機1の二次側に設置され、過電圧発生相のサイリスタを点弧することにより、過電圧発生相を選択的に短絡する。

【0019】電圧検出器56、57、58は巻線形誘導機1の二次回路の線間電圧を検出するもので、この検出値を以下に述べるゲートパルス発生器60に与える。ゲートパルス発生器60は、電圧検出器56～58により検出された電圧を受けて、チョッパ回路のGTO40の動作に至るレベルか、また、さらにサイリスタ短絡器59の動作に至るレベルか判定し、動作レベルに達している場合は、GTO40及びサイリスタ50a、50b、51a、51b、52a、52bにゲートパルスを与える。

【0020】図2は、ゲートパルス発生器60の一例である。図において、61はチョッパ回路GTO40をオンさせるレベル指令値（保護レベル） $L_{IH}^*$ を与える指令器、62は同じくGTO40をオフさせるレベル指令値 $L_{IL}^*$ を与える指令器、63は比較器で、指令器61、62からの指令値 $L_{IH}^*$ 、 $L_{IL}^*$ と、図1における電圧検出器41が検出した直流電圧値とを比較し、検出直流電圧値がチョッパ回路のGTO40のオンレベル指令値 $L_{IH}^*$ を超えたときは、チョッパ回路のGTO40にオン信号を与え、検出直流電圧値がGTO40のオフレベル指令値 $L_{IL}^*$ 以下になったときは、GTO40にオフ信号を与える。64はサイリスタ短絡器59のサイリスタをオンさせるレベルの指令値（動作レベル） $L_2^*$ を与える指令器である。65は比較器であり、指令器64からの指令値 $L_2^*$ と、電圧検出器56、57、58で検出した巻線形誘導機1の二次回路の各相線間電圧とを比較し、検出値がサイリスタ短絡器59の動作レベル指令値 $L_2^*$ を超える場合は、過電圧発生相（過電圧発生アーム）のサイリスタにオン信号を与える。

【0021】図3は、以上述べた実施例装置の動作を説

明するための波形図であり、(1)～(7)は、図5の従来の実施例による運転波形図の(1)～(7)と同一箇所の波形である。(8)はチョッパ回路のGTO40に与えるゲートパルス信号である。(9)は巻線形誘導機1の二次回路のu2-v2相間に流れる短絡電流、(10)はv2-w2相間短絡電流、(11)はw2-u2相間短絡電流である。

【0022】時刻 $t_1$ より以前は、巻線形誘導機1の一次側には、電力系統4の周波数の一次電流(1)、(2)、(3)が流れ、一方、二次側には、インバータ2で制御されるすべり周波数の二次電流(4)、(5)、(6)が流れる。時刻 $t_1$ において図1に示す“A”点で三相短絡故障が発生すると、巻線形誘導機1の一次側には、短絡時の内部誘起電圧ベクトルの方向で決まる直流成分を含んだ、短絡電流(1)、(2)、(3)が流れる。この電流は図に示すように直流成分を含み、巻線形誘導機1の一次回路の時定数で減衰する。一次電流(1)、(2)、(3)の直流成分により、巻線形誘導機1の二次側には、回転子の回転速度に相当した周波数の誘起電圧が発生し、二次電流(4)、(5)、(6)が流れる。二次電流(4)(5)(6)は、ダイオード6～11で整流され、直流回路に流れ込む。この電流によりコンデンサ18が充電され、直流電圧(7)が上昇する。時刻 $t_2$ において、直流電圧(7)が予め設定した保護レベル $L_{IH}^*$ に達したとき、GTO40をオンして放電電流を流し、直流電圧(7)の上昇を抑制し、時刻 $t_3$ において、直流電圧(7)が予め設定したレベル $L_{IL}^*$ まで降下したとき、GTO40をオフさせる。

【0023】チョッパ回路の動作のみで、過電圧が抑制できず、さらに直流電圧(7)の上昇が動き、時刻 $t_4$ において、保護レベル $L_2^*$ に達したときは、サイリスタ短絡器59のサイリスタ50a、50b、51a、51b、52a、52bを点弧させ二次回路を短絡することにより過電圧を抑制する。

【0024】直流電圧(7)がサイリスタ短絡器59の動作レベル $L_2^*$ に達し、サイリスタ短絡器59が動作する場合には、サイリスタ短絡器59に接続されている抵抗53～55とチョッパ回路のGTO40に接続されている放電抵抗器31の比率により、故障電流がサイリスタ短絡器59とチョッパ回路へ分配される。この抵抗比に応じた二次側過電圧の保護をサイリスタ短絡器59が分担する。

【0025】以上述べた実施例装置によれば、チョッパ回路に接続された充電抵抗器31と、サイリスタ短絡器59に接続された抵抗器53～55の抵抗比に応じて過電圧保護を分担できる。

【0026】チョッパ回路のみで過電圧保護を行なう方式は、寸法が大きく、部品数も多いことから、スペース面、信頼性を考慮すると、本実施例装置は有効である。

7

また本実施例装置は、サイリスタ短絡器59は、選択短絡をするので、余剰な故障電流がサイリスタ短絡器59内へ流れ込むことはない。従って、サイリスタ短絡器59に接続する抵抗53～55の容量は小さくてよいため、抵抗53～55を接続したことによる外形寸法の増加は少なく、サイリスタ素子数の低減も可能であり、これにより全体として寸法が小さくなる。

【0027】さらに、本実施例装置は、複雑なインバータのゲート操作が要求されるサイリスタ短絡器のサイリスタをオフさせるための制御手段が不要となり、これに伴い、故障が除去された後の通常運転への復帰が速くなる。

【0028】また、本実施例装置によれば、小形で安価な可変速揚水発電システムの過電圧保護装置を実現できるから、その経済的な効果は顕著である。さらに本実施例装置では、サイリスタ短絡器59に抵抗器53～55が接続されているので、過渡直流分がすぐに減衰し、交流分が残る、この交流分をサイリスタ短絡器59で電流零点をきることができ、自然にサイリスタをオフさせることができる。

【0029】また、本実施例では、選択短絡を行うことにより、チョッパ回路とサイリスタ短絡器59の両方で並行して、二次側の過電圧を抑制できる。本発明は、以上述べた実施例に限定されず、例えば以下のように構成してもよい。図1の実施例の、スイッチング素子GTO40と充電抵抗器31の直列回路からなるチョッパ回路および直流リンク回路の第1の電圧検出器41の代りに、避雷器を用いた構成としても前述した実施例と同様な作用効果が得られる。

【0030】すなわち、短絡故障時に発生する過電圧は避雷器で抑制し、さらに避雷器で抑制できない過電圧はサイリスタ短絡器のサイリスタを点弧させ二次回路を短絡し過電圧を抑制することにより、過電圧の保護を避雷器とサイリスタ短絡器とで分担することができる。

【0031】また第1の実施例では、チョッパ回路を動

8

作させるスイッチング素子としてGTOを使用した場合について説明したが、整流機能を有する他のスイッチング素子を使用しても良い。さらに、逆並列接続したサイリスタの代りにトライアックなどの双方向サイリスタを用いて構成しても良い。また、インバータ2を構成するスイッチング素子としてGTOを使用する場合について説明したが、トランジスタや他の自己消弧形スイッチング素子、あるいは、強制転流回路を有するサイリスタ回路など、他のスイッチング手段を用いてインバータを構成しても良い。

【0032】

【発明の効果】本発明によれば、短絡故障発生後生じる過電圧の保護が可能で、かつ速やかに通常運転へ復帰できる小形で安価な可変速揚水発電システムの過電圧保護装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示す構成図。

【図2】図1のゲートパルス発生器の一例を示す制御ブロック図。

【図3】図1の実施例の作用を説明するための波形図。

【図4】従来の一例を示す構成図。

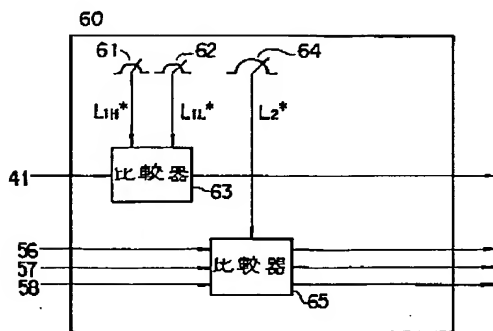
【図5】図4の従来の一例の動作を説明するための運転波形図。

【図6】従来の一方向のサイリスタから成るサイリスタ短絡器の構成図。

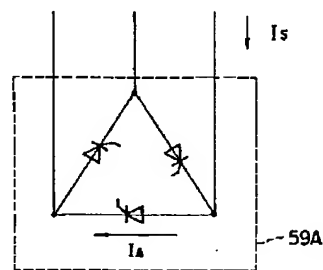
【符号の説明】

1…巻線形誘導機、2…インバータ、3…直流電源、4…電力系統、6～11…ダイオード、12～17…GTO、18…コンデンサ、19～24…ダイオード、25～30…GTO、31…放電抵抗器、33…変圧器、40…チョッパ回路を構成するGTO、41…電圧検出器、50a～52a、50b～52b…サイリスタ、53～55…抵抗器、56～58…電圧検出器、59…サイリスタ短絡器、60…ゲートパルス発生器。

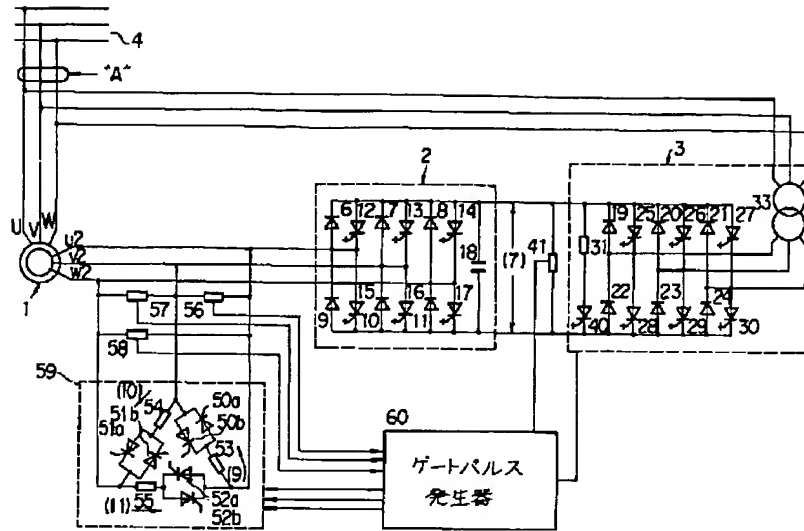
【図2】



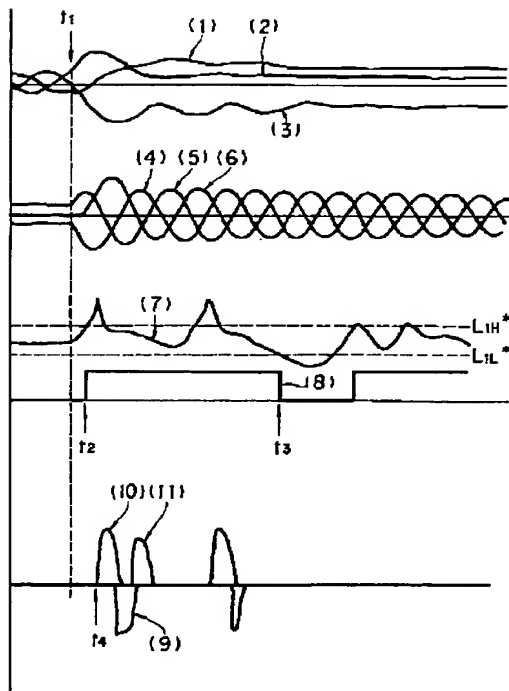
【図6】



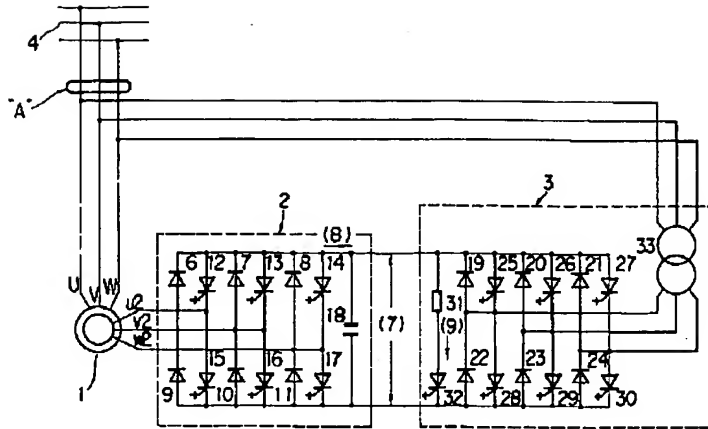
【図1】



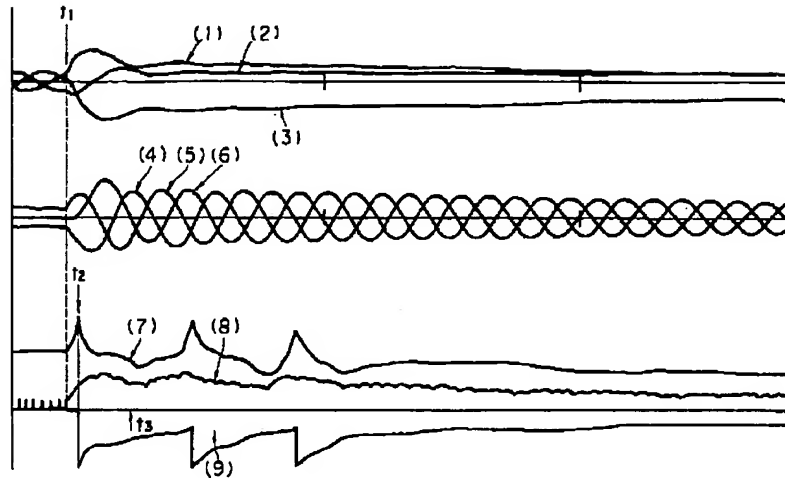
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 阿部 充幸  
東京都千代田区内幸町一丁目1番3号 東  
京電力株式会社内

(72)発明者 松本 章宏  
東京都千代田区内幸町一丁目1番3号 東  
京電力株式会社内

(72)発明者 菅原 良二  
東京都中央区銀座六丁目15番1号 電源開  
発株式会社内

(72)発明者 佐野 孝義  
東京都中央区銀座六丁目15番1号 電源開  
発株式会社内

(72)発明者 蜂屋 一雄  
東京都中央区銀座六丁目15番1号 電源開  
発株式会社内

(72)発明者 石澤 伸恵  
東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝  
府中工場内

(72)発明者 工藤 健司  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社  
東芝本社事務所内

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**